

**Desempenho acústico: parâmetros normativos x percepção da população.
Estudo de caso/****Acoustic performance: normative parameters x population perception.****Case study**

DOI:10.34117/bjdv6n1-116

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 13/01/2020

Dayane Gonçalves Ferreira

Mestre em Construção Metálica pela Universidade Federal de Ouro Preto

Instituição: Universidade Vale do Rio Doce

Endereço: Rua Israel Pinheiro, 2000 – Universitário, Governador Valadares – MG, Brasil

E-mail: dayaneferreiracivil@gmail.com

Rovadavia Aline de Jesus Ribas

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto

Instituição: Universidade Federal de Ouro Preto

Endereço: Escola de Minas – Morro do Cruzeiro, Ouro Preto – MG, Brasil

E-mail: roviaaline@gmail.com

Geraldo Donizetti de Paula

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal de Ouro Preto

Endereço: Escola de Minas – Morro do Cruzeiro, Ouro Preto – MG, Brasil

E-mail: geraldo.paula@ufop.edu.br

RESUMO

A poluição sonora nos centros urbanos é considerada pela Organização Mundial de Saúde a terceira maior poluição ambiental, junto à poluição do ar e da água. O ruído acima de limites aceitáveis pode interferir em atividades humanas, provocando desconforto e estresse. O conforto dos usuários das edificações relaciona-se à sua percepção, sendo, portanto subjetivo. Porém, as normas técnicas têm buscado parâmetros objetivos para mensurar e determinar índices aceitáveis de ruído, almejando moradias que ofereçam conforto acústico aos usuários, proporcionando bem-estar físico e mental. O desempenho acústico deve atender as exigências correspondentes ao local de implantação da edificação, com valores adequados ao nível de critério de avaliação para ambientes externos estabelecidos na norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) e ainda aos valores de referência de níveis de pressão sonora para ambientes internos de edificações indicados na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017). Com objetivo de contrastar os critérios normativos e a percepção dos moradores, foi realizado um estudo de caso por meio de uma Avaliação pós-ocupação e medições de nível de pressão sonora no condomínio de habitações sociais Residencial Vitória, localizado na cidade de Governador Valadares, escolhido pela localização do mesmo à margem da BR 381, que liga a cidade à capital do

estado de Minas Gerais, com intenso trânsito de veículos, que pode interferir nas condições acústicas do ambiente externo às edificações. Foi solicitado aos moradores que avaliassem quanto à acústica as residências nos períodos diurno e noturno, assim como o nível de incômodo com os ruídos externos e a principal fonte de ruído por eles identificada. O desempenho acústico das edificações foi avaliado por meio de medições in loco, segundo prescrições das normas NBR 10.152 (ABNT, 2017) e NBR 10.151 (ABNT, 2000). Foram realizadas medições de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em “A” (LAeq) com duração de três minutos em cada ponto de leitura, assim como o nível máximo de pressão sonora ponderada em A e máxima (LASmax). Nas medições tanto em ambientes internos quanto externo às edificações nos turnos diurno e noturno, na maioria dos pontos não atenderam aos parâmetros das normas de referência, evidenciando o desconforto acústico no conjunto habitacional objeto deste estudo, embora na percepção da população as residências apresentem desempenho ótimo ou bom para uma parcela superior a 70% dos entrevistados. Foi evidenciado durante a pesquisa que a proximidade com a rodovia não representa o maior incômodo sonoro para os moradores do bairro. Conforme visto nas medições e relatado pelos moradores, as maiores fontes de ruído externo às moradias são as residências vizinhas e a rua. Esta pesquisa tem intuito de fomentar a discussão: como avaliar o conforto acústico em edificações residenciais? Os critérios normativos são suficientes para abordar tantos critérios subjetivos relacionados à percepção dos moradores?

Palavras-chave: Desempenho acústico; Níveis de pressão sonora; Conforto acústico.

ABSTRACT

Noise pollution in urban centers is considered by the World Health Organization to be the third largest environmental pollution, along with air and water pollution. Noise above acceptable limits can interfere with human activities, causing discomfort and stress. The comfort of users of buildings is related to their perception, and is therefore subjective. However, technical standards have sought objective parameters to measure and determine acceptable noise indices, aiming for homes that offer users acoustic comfort, providing physical and mental well-being. The acoustic performance must meet the requirements corresponding to the location of the building implementation, with values appropriate to the level of evaluation criteria for outdoor environments established in NBR 10.151 (ABNT, 2000) and also the reference values of sound pressure levels for environments. internal buildings indicated in NBR 10.152 (ABNT, 2017). In order to contrast the normative criteria and the residents' perception, a case study was conducted through a post-occupancy assessment and sound pressure level measurements in the residential condominium Residencial Vitória, located in the city of Governador Valadares, chosen due to its location on the edge of BR 381, which connects the city to the capital of the state of Minas Gerais, with intense vehicle traffic, which can interfere with the acoustic conditions of the environment outside the buildings. Residents were asked to evaluate acoustic residences during the day and night, as well as the level of noise nuisance and the main source of noise identified by them. The acoustic performance of the buildings was evaluated by on-site measurements, according to NBR 10.152 (ABNT, 2017) and NBR 10.151 (ABNT, 2000) standards. Measurements of the A-weighted equivalent continuous sound pressure level (LAeq) lasting three minutes at each reading point were taken, as well as the maximum A-weighted and maximum sound pressure level (LASmax). In the measurements both inside and outside the buildings during the day and night shifts, in most points did not meet the standards of the reference standards, showing the acoustic discomfort

in the housing object of this study, although in the perception of the population the houses present optimum performance. or good for more than 70% of respondents. It was evidenced during the research that the proximity to the highway does not represent the biggest annoying noise for the residents of the neighborhood. As seen in the measurements and reported by residents, the largest sources of noise outside the dwellings are neighboring homes and the street. This research aims to encourage discussion: how to evaluate acoustic comfort in residential buildings? Are the normative criteria sufficient to address so many subjective criteria related to residents' perceptions?

Keywords: Acoustic Performance; Sound pressure levels; Acoustic comfort.

1 INTRODUÇÃO

O desempenho acústico do ambiente construído vem tomando notoriedade no Brasil nos últimos anos motivado pelas discussões acadêmicas com crescente número de publicações sobre o tema, revisão e adaptação de normas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e exigências dos consumidores que tem cada vez mais acesso à informações com a evolução digital, considerando ainda a competitividade do mercado da construção civil, onde a qualidade aparece como diferencial para agregar valor ao produto.

Embora em crescente discussão, na prática ainda se observa que o conforto não recebe a devida atenção na fase de projeto, principalmente em residências de baixo custo como as habitações de interesse social. No que tange o conforto acústico, as consequências observadas na fase de utilização das residências são o desconforto dos moradores, o que reflete diretamente em sua qualidade de vida.

Segundo CBIC (2013) o desconforto acústico em residências pode interferir nas atividades humanas com efeitos emocionais e sociais, provocando desentendimentos, estresse e constrangimentos.

Fica evidenciada a necessidade de se discutir a produção de habitações com desempenho acústico adequado tanto a nível de isolamento entre unidades residenciais quanto a ambientes internos da mesma residência. Também é importante ressaltar a necessidade de haver isolamento acústico ao ruído de impacto, para que este ruído não gere incômodo em residências em andares inferiores ou superiores, e ainda o isolamento de fachadas de forma que o ruído ambiental não cause transtornos aos usuários das habitações.

O desempenho das edificações diz respeito a uma gama de atributos objetivos, tais como os materiais, técnicas construtivas, sistemas e seus desempenhos individuais, mas perpassa também por atributos subjetivos, mais abrangentes, que consideram a satisfação das

necessidades sociais, bem estar e qualidade de vida dos moradores em relação à moradia (VILLA, 2010).

Assim, equalizar os parâmetros objetivos e subjetivos mostra-se um desafio para os atores envolvidos na construção civil. Neste sentido, este trabalho visa fomentar esta discussão por meio de um estudo de caso realizado no condomínio de habitações sociais Residencial Vitória localizado na cidade de Governador Valadares.

O objetivo da pesquisa foi contrastar os critérios normativos e a percepção dos moradores quanto ao desempenho acústico das residências realizando-se um estudo de caso por meio de uma avaliação pós-ocupação com aplicação de questionários e medições de nível de variáveis acústicas, segundo os parâmetros normativos para avaliação de desempenho acústico.

1.1 CONFORTO ACÚSTICO

O som, segundo Nepomuceno (1977) é uma vibração mecânica que se propaga no ar e resulta na sensação de ouvir, com variações pelos aumentos e reduções periódicas da densidade do ar. A propagação do som é feita ocorre por meio de ondas esféricas, a partir de uma fonte pontual, com uma sucessão de repetições de compressão de onda que, com o distanciamento do ponto inicial, perfaz uma rarefação dentro do raio sonoro (BOLOGNESI, 2008). Caracteriza-se pelo nível (expresso em decibel ou dB, é obtido por equipamentos medidores) e pela frequência (expressa em Hertz ou Hz, consiste no número de vibrações por segundo).

Segundo Bolognesi (2008) pode-se distinguir ruído de som pelo agente perturbador, conjunto de sons indesejáveis e desagradáveis, diretamente relacionado ao fator psicológico de tolerância de cada indivíduo, portanto de caráter subjetivo. “Embora o ruído esteja associado ao do som, não cabe afirmar que os dois termos sejam sinônimos, já que o ruído é apenas um tipo de som, com periodicidade sem definição, ou seja, o conceito de ruído é associado a som desagradável e indesejável” (BOLOGNESI, 2008, p. 9).

Segundo Hirashima e Assis (2017) o conforto acústico relaciona-se diretamente com quesitos subjetivos de percepção, preferências e avaliação humana. Segundo as autoras, a percepção das pessoas não tem relação linear às características ambientais, posto que tem interferência de questões intra e interpessoal, o que pode ocasionar diversas percepções sobre uma mesma situação. Destacam ainda que a percepção é multissensorial, não sendo portanto dissociada de outros fatores ambientais, mas construída dentro de um contexto global

incluindo as diversos sentidos humanos. “Sendo assim, a avaliação de um local urbano depende da maneira como este responde às necessidades múltiplas, tais como funcionalidade, estética e conforto global (acústica, iluminação, térmica e ventilação)” (HIRASHIMA E ASSIS, 2017, p. 8).

Logo, em se tratando do conforto acústico segundo a percepção dos moradores das residências, sua percepção também perpassa pela sua satisfação de forma global com a residência, não havendo dissociação completa em relação aos outros requisitos das edificações. O conforto dos usuários das edificações relaciona-se à sua percepção, sendo, portanto subjetivo. Porém, as normas técnicas têm buscado parâmetros de caráter objetivo para mensurar e determinar índices aceitáveis de ruído, almejando que as moradias ofereçam um conforto acústico satisfatório aos usuários, proporcionando bem-estar físico e mental.

Segundo Ribas (2013) o conforto dos usuários está diretamente relacionado à qualidade do som na edificação, podendo ser considerados parâmetros numéricos para mensurá-lo. Segundo Greven, Fagundes e Einsfeldt (2006) o desempenho acústico das edificações está ligado a dois fenômenos acústicos independentes: absorção sonora e transmissão sonora.

A absorção sonora é uma característica intrínseca a cada material, que diz respeito à sua capacidade de absorver energia sonora. Seu valor é determinado por meio do coeficiente de absorção sonora (α_i), dado pela razão entre a subtração da potência sonora incidente (W_i) e a potência sonora refletida (W_r) pela potência sonora incidente.

Quando o som atinge uma superfície de fechamento em um ambiente, parte da energia é refletida e outra é retida na superfície, sendo que a parte retida se divide em uma parcela que é absorvida pelo material componente e dissipada em forma de calor e outra que é transmitida para o ambiente adjacente. A transmissão sonora está relacionada à parcela de potência sonora que é transmitida através de esquadrias, paredes, lajes e forros para um ambiente adjacente, dependendo da capacidade desses componentes de transmitir o som. O coeficiente de transmissão sonora (τ) caracteriza a capacidade de um elemento de fechamento transmitir ou isolar o som, determinado pela relação entre a potência sonora transmitida (W_t) e potência sonora incidente (W_i). Logo, quanto menor o valor do coeficiente τ , menor é a intensidade sonora transmitida, ou seja, mais isolante é a superfície (BISTAFA, 2006 apud RIBAS, 2013).

A quantidade de energia sonora reduzida na transmissão por meio do elemento de fechamento permite a determinação da perda da transmissão sonora (PT), que varia em função do coeficiente de transmissão sonora (τ). A perda de transmissão sonora em paredes simples pode ser determinada por meio da equação (BISTAFA, 2006 apud RIBAS, 2013):

$$PT = 10 \log 1 / \tau \quad \text{logo} \quad PT = 10 \log (W_i / W_t)$$

Quanto menor for o coeficiente de transmissão sonora (τ), mais isolante é a parede, e, portanto, maior a perda da transmissão sonora (PT). A PT nos ambientes das edificações pode apresentar resultados variados em função dos sistemas componentes, como o sistema de fechamento, e fatores relacionados à qualidade de execução, como falhas de estanqueidade.

A norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) apresenta critérios para o conforto acústico nas edificações, estabelecendo que haja isolamento acústico adequado nos sistemas de fechamento externo, com limitação dos ruídos de impactos em lajes de piso e ao som aéreo dos pisos, fachadas e coberturas, indicando a necessidade de isolação acústica de paredes divisórias entre residências (CBIC, 2013). O desempenho acústico deve atender as exigências correspondentes ao local de implantação da edificação, com valores adequados ao nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos estabelecidos na norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) apresentados na Tabela 1, e ainda aos valores de referência de níveis de pressão sonora (NPS) para ambientes internos de edificações indicados na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017). A Tabela 2 apresenta os valores de referência para os ambientes de uma edificação, objeto deste estudo, considerando as medições de NPS equivalente (L_{Aeq}) em decibéis ponderados em “A”, que representa o nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com ponderação em A) referente a todo o intervalo de medição. Quando as medições forem realizadas pelo método simplificado, a avaliação é realizada pela comparação dos níveis de pressão sonora, equivalente e máximo (L_{ASmax}), representativos do ambiente, com os valores apresentados, respectivamente para R_{LAeq} e R_{LASmax} .

Tabela 1 - Níveis de critérios de avaliação (NCA) para ambientes externos

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
	NPS em dB(A)	NPS em dB(A)
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: Adaptado ABNT (2000)

Tabela 2 - Valores de referência de níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e máximo (L_{ASmax}) para ambientes internos de edificações de acordo com as finalidades de uso

Finalidade de uso	Valores de referência	
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)
Residências		
Dormitórios	35	40
Salas de estar	40	45
Salas de cinema em casa (<i>home theaters</i>)	40	45

Fonte: Adaptado da ABNT (2017)

Para avaliação do desempenho acústico em edificações em fase de utilização, a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) estabelece os critérios para que sejam realizadas medições e os parâmetros comparativos. Para edificações térreas o parâmetro a ser considerado é a diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada, $D_{2m,nT,w}$. Para essa avaliação, devem ser verificados os dormitórios das unidades habitacionais, executando medições com portas e janelas fechadas. Os valores mínimos de $D_{2m,nT,w}$ são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores mínimos de $D_{2m,nT,w}$ do fechamento externo de dormitório

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ (dB)
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza	≥ 20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30

Fonte: Adaptado da ABNT (2013)

A norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) define as condições para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, especifica um método para a medição de ruído e para aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais. As medições de ruídos no exterior das edificações devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc.

A norma NBR 10.152 (ABNT, 2017) define que as medições internas às edificações devem ser executadas em pelo menos três pontos distribuídos pelo ambiente a ser avaliado, preferencialmente em alturas diferentes. Esses pontos devem se situar a uma distância mínima de 1 m das paredes, teto, piso, mobiliários e de elementos com significativa transmissão sonora, como janelas, portas ou entradas de ar, e a no mínimo 0,7 m entre eles.

1.2 ESTUDO DE CASO

Para realização do estudo de caso proposto neste trabalho foram selecionadas as edificações do condomínio de habitações de interesse social Residencial Vitória, localizado no bairro Vitória, na cidade de Governador Valadares – Minas Gerais, justificando-se a escolha pelas condições acústicas do ambiente.

O condomínio está localizado à margem da Rodovia Engenheiro Benedito Quintino – BR 381, km 148, que liga a cidade de Governador Valadares à Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, onde há intenso trânsito de veículos, o que pode interferir nas condições acústicas do ambiente externo às edificações (Figura 1).

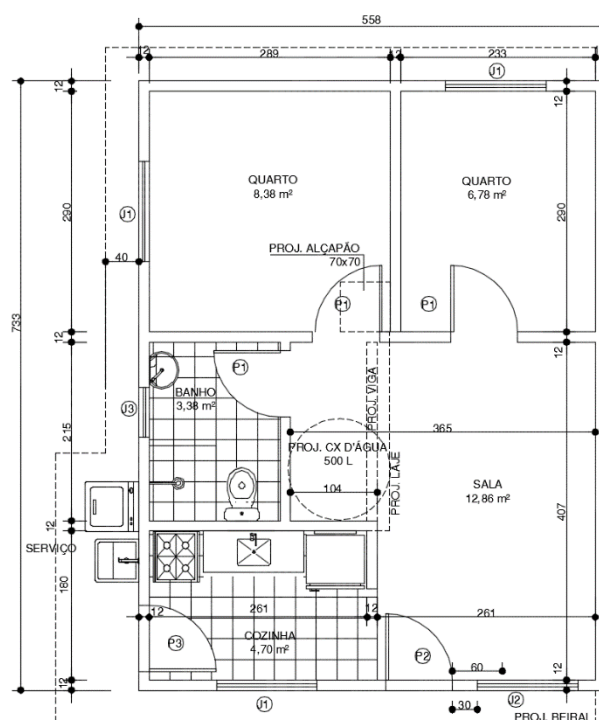
Figura 1- Vista do entorno do bairro Vitória



Fonte: Adaptado do MAPS... 2019

O conjunto habitacional Vitória, integrante do Programa Minha Casa Minha Vida, é composto por 653 casas térreas entregues aos proprietários em julho de 2014. Os lotes do Residencial Vitória atendem aos parâmetros urbanísticos de ocupação de solo do município, com lotes que possuem área mínima de 160m² com pequena variação em função do formato das quadras, mantendo-se a testada de 8 m. As residências possuem 40,9m² de área construída, que corresponde a uma taxa de ocupação de 25,6% do terreno (Figura 2). As edificações que compõem o residencial Vitória têm fundações em radier e para o sistema de fechamento foram adotadas paredes em alvenaria simples em blocos cerâmicos. A cobertura é composta por telhas cerâmicas dispostas em estrutura metálica. Internamente foi utilizado forro em PVC em todos os ambientes, exceto no corredor onde há laje maciça em concreto armado, a qual suporta a carga da caixa d'água.

Figura 2 – Planta das unidades independentes construídas no residencial Vitória



Fonte: Projeto arquitetônico das habitações do residencial Vitória (2011)

A realização da avaliação pós-ocupação pode apontar o nível de satisfação dos moradores das habitações estudadas no que se refere ao conforto acústico nas residências. Os dados das medições de níveis de pressão sonora indicam se os valores obtidos atendem aos parâmetros normativos e assim, associados à percepção da população residente, subsidiar discussões que fomentem o aperfeiçoamento de futuros projetos sob um enfoque acústico.

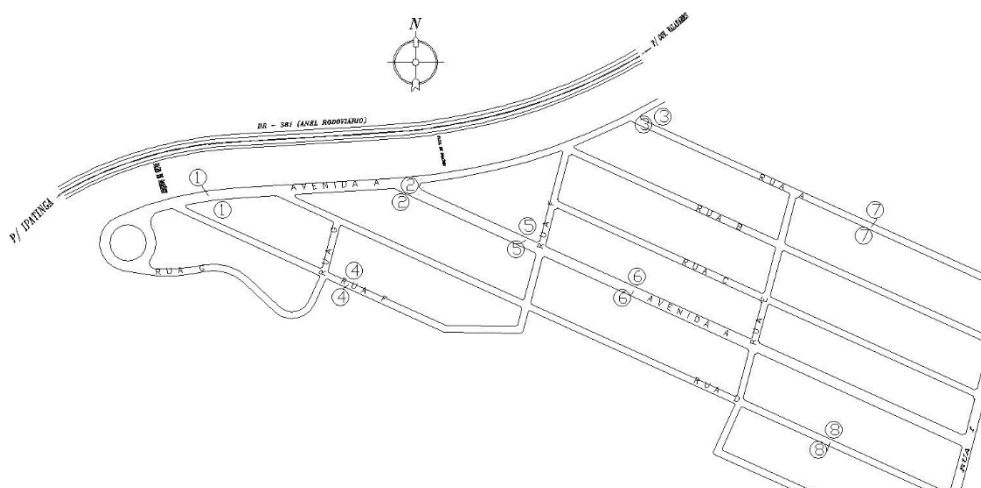
2 METODOLOGIA

No presente trabalho foi realizada uma avaliação pós-ocupação, com foco no desempenho acústico das residências do bairro Vitória, na cidade de Governador Valadares/MG, formado por 653 habitações de interesse social que compõem o Condomínio Residencial Vitória. A aferição da percepção e satisfação dos moradores do conjunto habitacional Vitória foi levantada por meio de pesquisa descritiva direta e estruturada (*survey*), com aplicação de questionários estruturados em todas as 653 residências do bairro no período de março a dezembro do ano de 2018.

A avaliação do desempenho acústico das habitações de interesse social que formam o conjunto residencial Vitória foi complementada por meio de medições *in loco* de níveis de pressão sonora. Foram realizadas medições *in loco* atendendo às orientações normativas. Segundo a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013) as edificações devem ter isolamento acústico adequado, estabelecendo critérios e procedimentos para realização de ensaios em laboratórios. A coleta de dados em campo foi embasada nas normas NBR 10.152 (ABNT, 2017) que discorre sobre Acústica: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações; e a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) que se refere à Acústica: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, comparando os valores obtidos *in loco* com os parâmetros estabelecidos nas respectivas normas.

As medições diurnas e noturnas foram realizadas no período de janeiro a fevereiro de 2019, em pontos diversos ao longo do bairro tentando retratar variadas fontes externas de ruído, como as ruas mais próximas à rodovia e outros pontos do bairro (figura 3). Para registro foi utilizado um aparelho Medidor de Nível de Pressão Sonora Digital Instrutherm pré-calibrado (Figura 4).

Figura 3 – Localização dos pontos onde foram realizadas medições de níveis de pressão sonora



Fonte: Adaptado da Planta de Implantação cedida pela Caixa Econômica Federal (2011)

Figura 4 - Medidor de Nível de Pressão Sonora Digital - Instrutherm



Fonte: Os autores (2019)

Para medições internas às residências os procedimentos seguiram o disposto na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017), adotando pontos de medição a uma distância mínima de 1,0 m de paredes, teto e piso, janelas, portas e mobiliário. A norma recomenda que as leituras sejam realizadas em intervalo de tempo superior a trinta segundos, sendo adotado nesta pesquisa tempo de três minutos por medição, verificando os valores de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em “A” integrado durante o tempo de três minutos ($L_{Aeq,3m,x}$) e o nível máximo de pressão sonora ponderada em A e ponderado em S ($L_{ASmax,x}$). A avaliação do método simplificado é realizada comparando-se os níveis de pressão sonora equivalentes e

máximos representativos do ambiente aos valores apresentados na Tabela 3 da norma NBR 10.152 (ABNT, 2017).

As medições externas às edificações seguiram os procedimentos descritos na norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) escolhendo os pontos de medição afastados aproximadamente 2,0m do limite das fachadas e um 1,2m do piso, adotando o tempo de medição também de três minutos (L_{Aeq}). A avaliação do ruído segundo a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) baseia-se na comparação entre o nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e o nível de critério de avaliação indicado em sua Tabela 1.

As medições internas e externas foram realizadas de forma contínua, sem a necessidade de correções, devido à inexistência de ruídos de caráter impulsivo ou ruídos com componentes tonais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na realização desta pesquisa, foi solicitado aos moradores do conjunto habitacional Vitória que avaliassem quanto à acústica as residências nos períodos diurno e noturno, assim como o nível de incômodo com os ruídos externos e a principal fonte de ruído por eles identificada.

A avaliação dos moradores em relação ao desempenho acústico diurno das residências apresentou resultado positivo. Segundo 40,16% o desempenho foi considerado ótimo, 35,43% consideraram bom, 15,75% regular e para 7,09% dos entrevistados o desempenho é ruim e 1,57% considerou péssimo. Resultado bem próximo foi verificado na percepção dos moradores quanto ao desempenho acústico noturno das residências. Para 40,55% dos entrevistados o desempenho foi considerado ótimo, 34,65% consideraram bom, 16,54% regular e para 6,69% dos entrevistados o desempenho é ruim e 1,57% consideraram péssimo. Questionados ainda sobre o incômodo oriundo de ruídos externos às edificações, 62,20% dos entrevistados afirmaram não se incomodar, 15,57% se incomodam raramente, 12,99% incomodam-se parcialmente, 6,69% se incomodam com grande frequência e 2,36% se incomodam sempre.

Quanto à fonte de ruídos externos, as residências vizinhas e a rua totalizam maioria das respostas. Quanto ao ruído oriundo da rodovia, somente 9,45% dos moradores consideraram que o mesmo fosse a principal fonte de ruídos nas residências, relatando durante as entrevistas que as maiores fontes de ruído estão relacionadas aos vizinhos, seja nas residências ou nas ruas (figura 5).

Figura 5- Percepção dos moradores sobre fonte de ruído externo às moradias



Fonte: Os autores (2019)

O desempenho acústico das edificações foi avaliado por meio de medições *in loco*, segundo prescrições das normas NBR 10.152 (ABNT, 2017) e NBR 10.151 (ABNT, 2000), durante os meses de janeiro e fevereiro de 2019. Foram realizadas medições de nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em “A” (L_{Aeq}) com duração de três minutos em cada ponto de leitura, assim como o nível máximo de pressão sonora ponderada em A e ponderado em S (L_{ASmax}). As medições internas foram realizadas na sala de estar de oito residências localizadas conforme Figura 3.

Em todos os pontos onde se realizaram as medições, foram avaliados o nível de pressão sonora externo e interno às edificações. Na Tabela 4 apresentam-se os resultados das medições diurnas realizadas no bairro.

Tabela 4 – Medições de nível de pressão sonora em localidades do bairro Vitória

Ponto	Data	Horário	Medição interna (dB)			Medição externa (dB)			Condição do tempo
			L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}	
1	18/01/19	12:20	54,2	65,7	32,0	58,6	68,3	38,6	A*
2	18/01/19	16:30	52,1	70,6	31,3	56,4	72,7	37,8	A*
3	20/01/19	17:30	49,6	65,5	30,4	54,4	68,7	36,7	B*
4	23/01/19	16:20	55,1	63,2	25,4	58,7	66,5	30,3	A*
5	23/01/19	16:35	57,6	78,4	31,2	62,1	80,5	36,8	A*
6	20/01/19	17:45	58,9	80,7	35,8	63,5	82,8	42,3	B*
7	21/01/19	12:05	46,7	59,8	24,1	51,3	62,7	30,4	A*
8	21/01/19	12:20	54,2	75,2	28,0	59,1	79,5	32,7	A*

A*: Dia ensolarado, sem nuvens. B*: Sol parcialmente coberto

Fonte: Os autores (2019)

O comparativo entre os níveis de pressão sonora (L_{Aeq}) medidos e os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) estabelecidos pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) para ambientes externos no turno diurno mostra que houve variação entre pontos que atenderam ou não o parâmetro normativo.

Os níveis de pressão sonora registrados em medições nos pontos 3 e 7 enquadram-se no NCA estabelecido pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) para área mista, predominantemente residencial.

O ponto 3, assim como os pontos 1 e 2, estão localizados nas ruas do bairro mais próximas à rodovia, e não apresentam os maiores níveis de pressão sonora, corroborando com o relato dos moradores de que a rodovia não é a fonte de ruído de maior incômodo para os mesmos.

Observa-se que os pontos 5 e 6 estão localizados na área central do bairro e apresentaram os maiores níveis de pressão sonora, sendo identificado durante as visitas e medições que há grande presença de moradores nas ruas, seja em convívio entre vizinhos (em bancos localizados nas portas das moradias) ou crianças brincando, notando-se também que muitos moradores usam aparelhos de som durante longos períodos do dia. Apesar de alguns pontos não atenderem ao parâmetro normativo, a máxima diferença entre valor medido e NCA foi de 8,5 dB.

Quanto às medições internas, comparando os valores de referência para ambientes internos em período diurno informados na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017) aos índices de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e máximo (L_{ASmax}) medidos, em todos os pontos os valores excederam o parâmetro normativo com variação máxima de 18,9 dB de L_{Aeq} e 35,7 dB de L_{Amax} .

As medições internas e externas às residências mostram que houve redução nos níveis de pressão sonora internos, porém os valores não atendem ao disposto na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017) para o período diurno.

Considerando que a norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) estabelece valores de referência para níveis de pressão externa para turnos diurno e noturno, ambas as medições foram realizadas. Na Tabela 5 apresentam-se os dados das medições noturnas realizadas no bairro.

Tabela 5 – Medições de nível de pressão sonora em localidades do bairro Vitória

Ponto	Data	Horário	Medição interna (dB)			Medição externa (dB)			Condição do tempo
			L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}	L_{Aeq}	L_{Amax}	L_{Amin}	
1	15/02/19	19:00	53,8	75,3	40,2	60,2	77,3	44,7	Sem nuvens
2	14/02/19	21:00	55,1	73,2	39,7	59,5	76,7	43,6	Nublado
3	15/02/19	19:25	41,9	59,8	31,5	47,2	61,9	35,4	Sem nuvens
4	13/02/19	21:50	61,9	76,4	42,1	65,4	79,1	44,6	Sem nuvens
5	15/02/19	19:45	59,2	79,3	42,7	62,7	81,4	46,1	Sem nuvens
6	14/02/19	21:15	50,8	70,2	36,5	55,8	73,5	40,8	Nublado
7	14/02/19	21:35	57,6	72,8	48,3	62,0	75,1	51,0	Nublado
8	13/02/19	22:15	49,6	67,1	39,3	55,7	69,7	39,4	Sem nuvens

Fonte: Os autores (2019)

O comparativo entre os níveis de pressão sonora (L_{Aeq}) medidos e os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) estabelecidos pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) para ambientes externos no turno noturno mostra que houve variação entre pontos que atenderam ou não o parâmetro normativo.

Nas medições externas noturnas, somente no ponto 3 o valor de nível de pressão sonora foi inferior ao NCA estabelecido na norma NBR 10.151 (ABNT, 2000) para área mista, predominantemente residencial. O ponto 3 localiza-se na rua mais próxima à rodovia, confirmando que a mesma não apresenta os maiores níveis de pressão sonora. Observa-se durante as medições noturnas que as maiores fontes de ruído são aparelhos de som nas residências e aglomerados de moradores nas áreas externas às residências e veículos transitando pelo bairro. A máxima diferença entre o valor medido e o NCA foi de 15,4 dB.

Quanto às medições internas, comparando os valores de referência para ambientes internos em período noturno informados na norma NBR 10.152 (ABNT, 2017) aos índices de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e máximo (L_{ASmax}) medidos, tem-se que em todos os pontos os valores excederam o parâmetro normativo com variação máxima de 21,9 dB de L_{Aeq} e 34,3 dB de L_{Amax} .

Portanto as medições de nível de pressão sonora contínuo equivalente e nível máximo de pressão sonora realizadas tanto em ambientes internos quanto externo às edificações nos turnos diurno e noturno, na maioria dos pontos não atenderam aos parâmetros das normas NBR 10.152 (ABNT, 2017) e NBR 10.151 (ABNT, 2000), evidenciando o desconforto acústico no conjunto habitacional objeto deste estudo. Ainda que a população tenha se mostrado acostumada ao ruído oriundo de fontes externas, posto que mais de 60% dos moradores disseram não se incomodar com os mesmos, o excesso de tais ruídos pode

comprometer a qualidade de vida dos usuários das edificações, interferindo nas atividades cotidianas como estudo e descanso (CBIC, 2013; RIBAS, 2013).

A pesquisa apresentou discrepância entre o atendimento aos parâmetros normativos de níveis de pressão sonora e a satisfação da população. Fica evidenciada assim a importância de se discutir as dificuldades em avaliar o desempenho acústico em face do desafio de equalizar critérios objetivos para medições e subjetivos para a percepção.

Segundos os estudos de Hirashima e Assis (2017) percebeu-se que variáveis indiretamente ligadas aos níveis de pressão sonora influenciaram na percepção de conforto dos entrevistados. As autoras apontam que o conforto global interfere na sensação de conforto, compreendendo fatores como conforto térmico e visual, sendo mais tolerantes aos ruídos em ambientes com melhor ambiência.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da percepção da população em relação ao requisito de desempenho acústico mostrou que mais de 70% dos entrevistados o consideraram ótimo ou bom. No entanto, as medições de níveis de pressão sonora internos e externos às residências realizados nos períodos diurno e noturno apresentaram valores que não atenderam aos níveis de referência das normas NBR 10.152 (ABNT, 2017) e NBR 10.151 (ABNT, 2000).

Foi evidenciado durante a pesquisa que a proximidade com a rodovia BR-381 não representa o maior incômodo sonoro para os moradores do bairro. Conforme visto nas medições e relatado pelos moradores, as maiores fontes de ruído externo às moradias são as residências vizinhas e a rua (pessoas e veículos).

A divergência entre parâmetros normativos e percepção de conforto acústico da população residente pode ser ocasionada pela diversidade de fatores que envolvem a subjetividade do conforto para o morador. A satisfação global do indivíduo com o bairro e/ou com sua residência pode refletir em maior um índice de tolerância.

Fica evidenciada a necessidade da continuidade de estudos que visem aprimorar os estudos de conforto acústico em edificações e subsidiar, se necessário, adaptações às normas brasileiras regulamentadoras no que tange o desempenho acústico de edificações.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.151:** Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575:** Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. São Paulo Edgard Blücher, 2006. 368 p.
- BOLOGNESI, Tatiani de Moraes. **Acústica e intervenção no ambiente construído:** mapeamento dos riscos e estimativa de redução do ruído a partir de propostas de intervenção em uma indústria metalúrgica. Dissertação – Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Metodista de Piracicaba; Santa Bárbara D’oeste, 2008.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Projeto geométrico e plantas das edificações. 2011.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais:** guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído, Fundamentos e Controle**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2000.
- HIRASHIMA, S. Q. da S.; ASSIS, E. S. de. Percepção sonora e conforto acústico em espaços urbanos do município de Belo Horizonte, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 7-22, jan./mar. 2017.
- MAPS. Google maps. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 11 jan. 2019.
- NEPOMUCENO, L. X. **Acústica**. Edgard Blucher, São Paulo; 1977.
- RIBAS, R. A. J. **Método para avaliação do desempenho térmico e acústico de edificações aplicado em painéis de fechamento industrializados**. Ouro Preto: Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.
- VILLA, S. B. A APO como elemento norteador de práticas de projeto de HIS. O caso do projeto [MORA]. In: Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono. **Anais do Congresso Internacional de Habitação no Espaço Lusófono**, Lisboa, p. 1-16, 2010.

